

ソフトな表面を持つ遮音壁の特性

北海道大学 正会員 長谷部正基

同 金納裕治

同 学生会員 ○福田晋平

1. 目的

近年、環境騒音の低減要求に対応して道路に沿って設置される遮音壁高性能化の必要性が高まっている。遮音壁の性能を向上させるためには遮音壁側面エッジ近傍の表面における音圧レベルを下げることで、すなわち「音響的にソフト」な表面を作る必要があることが知られており^{1), 2), 3)}、その実現のための工夫がなされてきた。

本研究では、表面形状を操作することによって、ソフトな表面を持つ、より遮音効果の高い遮音壁を設計しその有効性を検討した。ソフトな面のエッジに沿っての幅についての考察も行う。

2. 「音響的にソフト」な表面の形成

図1に深さ l_0 , l_1 の片側が閉管で構成された遮音壁での音響管内の音圧分布を示す。音響管の深さが $(1/4)\lambda$

の奇数倍のときに、開口部

において入射波と反射波の位相が $(1/2)\lambda$ ずれるため、

入射波と反射波の音圧が互いに打ち消しあい、開口部で音圧に関して節が生じる。このとき、開口部が「音響的にソフト」な面となる。

本研究における音響管配列では最上段の音響管の長さが下段の音響管の $1/3$ となるように設定した。下段の長い音響管に対応する周波数を f_0 とすると、最上段の短い音響管に対応する周波数は $f_1 = 3f_0$ となる。周波数 f_0 の音波が管内に入射したときの音圧分布は図1のようになる。周波数が高くなり f_1 となる途中では定在波の節の部分が管底に向かい移動し、 f_1 において新たな節が開口部に形成される。このとき、 $f_0 \sim f_1$ の周波数帯域で安定した遮音効果が得られる。

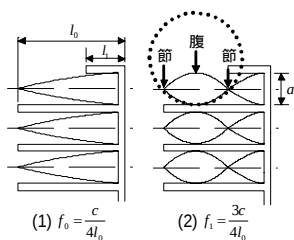


図1 音響管内の音圧分布

3. 管配列遮音壁の設計

筆者らは音圧がゼロとなる「音響的にソフト」な表面を持つ遮音壁として、両面に音響管を取り付けた管配列遮音壁を検討

してきた(図2)。この遮音壁では2種類の音響管の開口部で「音響的にソフト」

になる周波数がそれ

ぞれ $f_0 = 300 \text{ Hz}$ 、

$f_1 = 900 \text{ Hz}$ となる

管(深さ $l_0 = 0.28 \text{ m}$, $l_1 = 0.09 \text{ m}$)を用い、それらの周波数の間の帯域を制御対象としており、回折減衰効果の改善を目的としている。

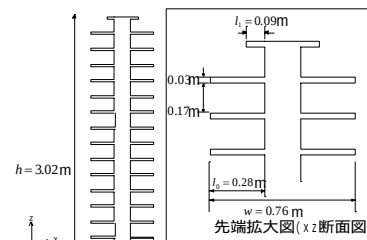


図2 管配列遮音壁の断面図

4. 境界要素法による音場解析

管配列遮音壁の性能を調べるため、図3に示す両側、片側に管配列を持つ遮音壁および同じ高 h (3.02m)、厚さ w (0.76m)を持つ単壁(地面に対して垂直な一枚の平板状遮音壁)について挿入損失の計算を境界要素法によって行った。 $X_S = 2 \text{ m}$ 、 $X_R = 2 \text{ m}$ の地表面上に音源、受音点をそれぞれ設置し、対象周波数を50~1000Hzとし、次式で定義される挿入損失($IL = L_{\text{barrier}} - L_0$)を用いて計算した。ここで、 L_{barrier} : 遮音壁設置後の音圧レベル [dB]、 L_0 : 遮音壁設置前の音圧レベル [dB]である。

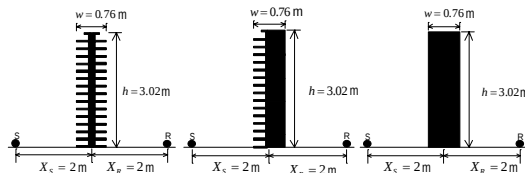


図3 管配列遮音壁および単壁の配置図

キーワード 遮音壁, 音響的ソフト, 音響管, 境界要素法

連絡先

〒060-8628 北海道大学大学院工学研究科 TEL011-706-6289

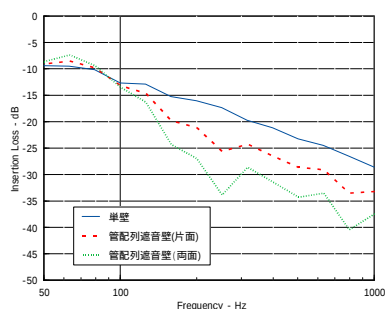


図 4 単壁、管配列遮音壁の挿入損失

図 4 が数値計算によって得られた各遮音壁における挿入損失の周波数特性である。両面に管配列を持つ遮音壁は、片面のみのものに比べて大きく改善されている。また、開口端の影響により f_0 より若干低い周波数から効果が現れているものと考えられるが、制御対象となる周波数全域にわたり音圧低減効果が得られた。

5. 「音響的にソフト」な面の幅に関する検討

Rawlins⁴⁾ は、ソフトな面が遮音壁の影の領域 (Shadow Region) へ与える影響は、ソフトな面の幅 L と波数 $k (= \omega/c)$ の積 kL が $kL > 1$ であれば $kL = \infty$ と同等であることを示した。このことを境界要素法を用いて検討した。遮音壁の音響管の段数を変化させ「音響的にソフト」な面の幅 L を調節することによって、その影響を調べた。1 段目の短い音響管を含め 2 段の管配列を持つ遮音壁、3 段、さらに 10 段の管配列を持つ遮音壁について数値計算を行った。図 5.1～図 5.3 に遮音壁左側に音源がある場合の 300Hz における音圧分布を示す。このとき、「音響的にソフト」な面の幅 L はそれぞれ 0.40m、0.60m、2.00m となる。

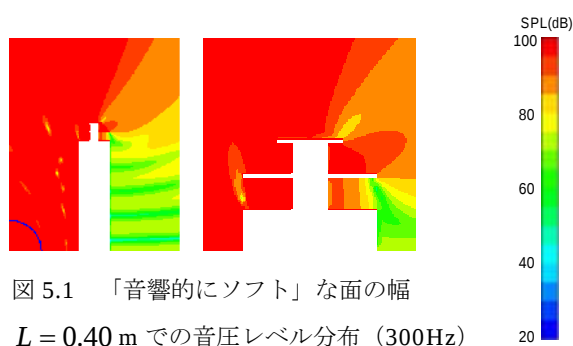


図 5.1 「音響的にソフト」な面の幅 $L = 0.40$ m での音圧レベル分布 (300Hz)

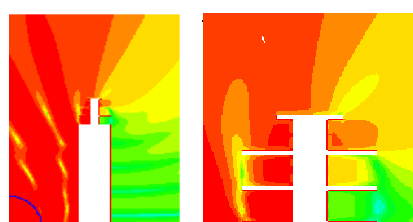


図 5.2 $L = 0.60$ m での音圧レベル分布 (300Hz)

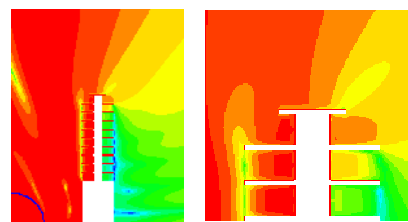


図 5.3 $L = 2.00$ m での音圧レベル分布 (300Hz)

この場合、制御周波数下限を 300Hz とすれば、 $L = 0.40$ ($kL = 2.20$) のときには「音響的にソフト」な面は充分とは言えず、 $L = 0.60$ ($kL = 3.31$) より大きいときにその機能を果たしている。Rawlins によって示された条件 $kL > 1$ では不十分と考えられ、より幅の広いソフト面 ($kL > 3.31$) が必要であると考えられる。

6. 結論

本研究では、音響管を配し「音響的にソフト」な面を持つ遮音壁についての検討を行った。以下に今回得られた成果を示す。

- 1) 管配列を両面に備え、「音響的にソフト」な面を形成する遮音壁は、片面のみのものに比べ単壁との挿入損失差で 2 倍程度の遮音効果がある。
- 2) 制御対象周波数において、「音響的にソフト」な面の幅について $kL > 3.31$ の条件に当てはまる幅が必要である。

参考文献

- 1) J.J. Bowman, T.B.A. Senior and P.L.E. Uslenghi, 'Electromagnetic and acoustic scattering by simple shapes', North-Holland publishing company, Amsterdam (1969).
- 2) M. Hasebe, 'Noise Barrier with an Acoustically Soft Surface Composed by a Series of Wells', Proceeding of ICA2001, Roma, 2001.
- 3) M. Hasebe, Y. Ishihara, S. Natsume, T. Yamanishi, 'Diffraction of sound by a highway noise with a soft edge composed of arrayed wells', Acoust. Sci. & Tech. 26-3, pp.299-300, (2005).
- 4) A.D. Rawlins, 'Diffractions of sound by a rigid screen with a soft or perfectly absorbing edge', Journal of Sound and Vibration, 45(1), pp.53-67 (1976).